

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

## **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
**Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

CLIPPEDIMAGE= JP410232240A  
PAT-NO: JP410232240A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 10232240 A  
TITLE: SURFACE OBSERVING DEVICE

PUBN-DATE: September 2, 1998

INVENTOR-INFORMATION:

NAME  
YANO, KYOJI  
KIYOUGAKU, MASABUMI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME  
COUNTRY  
CANON INC.  
N/A

APPL-NO: JP09051074  
APPL-DATE: February 19, 1997

INT-CL\_(IPC): G01N037/00; G01B011/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable electric measurement under the accurately obtained distance between a probe and the surface of a sample by calculating the distance between the probe and the surface of the sample on the basis of the amount of displacement of a distance regulating means, the amount of deflection of an elastic body, and the

output signals of a contact detecting means.

SOLUTION: An X-Y directional position control circuit 111 moves a sample driving mechanism 112 to place the tip of a probe 104 at an observation position of a sample to be observed 102. A voltage is impressed between the probe 104 and the sample to be observed 102 from a power source 105, a Z directional position control circuit 110 is actuated to move a sample holder 101 by the sample driving circuit 112, and the probe 104 and the sample to be observed 102 are brought to approach to each other. During this time, the voltage change  $V(V)$  of the Z directional position control circuit 110, the amount  $L(nm)$  of deflection of a cantilever 103, and an observed current  $I(pA)$  are recorded. The distance  $d(nm)$  between the tip of the probe 104 and the surface of the sample to be observed 102 satisfies an equation;  $d=12-V/0.5-L$ ,  $d$  is obtained from  $V$  and  $L$ , the relation between the distance  $d$  and the observed current  $I$  is plotted. By this, it is possible to electrically measure the surface of the sample to be observed 102 under the accurately obtained distance  $d$ .

COPYRIGHT: (C)1998, JPO

DERWENT-ACC-NO: 1998-526276  
DERWENT-WEEK: 199845  
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Surface inspection apparatus using scanning type microscope for specimen analysis - computes correct distance value for maintaining specimen and probe in non-contact manner based on output of three detectors

PATENT-ASSIGNEE: CANON KK [CANO]

PRIORITY-DATA: 1997JP-0051074 (February 19, 1997)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	LANGUAGE	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC
JP 10232240 A		010	September 2, 1998	G01N 037/00
N/A				

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR
APPL-NO	APPL-DATE
JP10232240A	N/A
1997JP-0051074	February 19, 1997

INT-CL\_(IPC): G01B011/00; G01N037/00

ABSTRACTED-PUB-NO: JP10232240A

BASIC-ABSTRACT: The apparatus has an electrically conductive probe (104) which is arranged oppositely to a specimen (102)

mounted on a holder (101). A predefined voltage is applied between the probe and the specimen. The specimen is moved by a drive mechanism (112) corresponding to the probe. The distance between the probe and the specimen is adjusted by a regulation unit. The amount of displacement of the regulation unit is detected by a first detector. The amount of deflection of elastic body attached to a probe is sensed by a second detector (109).

The contact between the probe and specimen is sensed by a third detector based on the variation of detected deflection. The predefined distance for maintaining specimen and probe in non-contact situation is computed by a calculator based on the output of three detectors. The electrical characteristic measurement of specimen surface is carried out after the distance adjustment.

ADVANTAGE - Enables to judge electrical property of specimen corresponding to desired position by computing relative distance correctly.

CHOSEN-DRAWING: Dwg. 3/6

TITLE-TERMS:

SURFACE INSPECT APPARATUS SCAN TYPE  
MICROSCOPE SPECIMEN ANALYSE COMPUTATION  
CORRECT DISTANCE VALUE MAINTAIN SPECIMEN

PROBE NON CONTACT MANNER BASED OUTPUT  
THREE DETECT

DERWENT-CLASS: S02

EPI-CODES: S02-A03B;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers:

N1998-411317

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開号

特開平10-232240

(43) 公開日 平成10年(1998)9月2日

(51) Int.Cl.  
G 01 N 37/00  
G 01 B 11/00

識別記号

F I  
G 01 N 37/00  
G 01 B 11/00

B  
F

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全10頁)

(21) 出願番号	特願平9-51074	(71) 出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成9年(1997)2月19日	(72) 発明者	矢野 亨治 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内

(72) 発明者 教學 正文  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

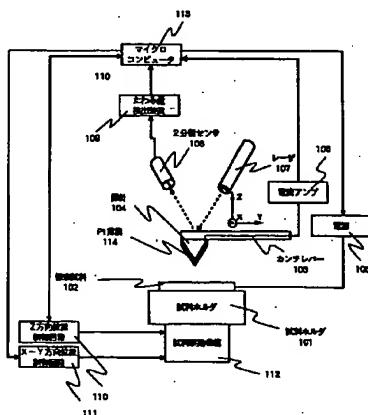
(74) 代理人 弁理士 長尾 達也

(54) [発明の名称] 表面観察装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 探針と試料表面との距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行うことのできる表面観察装置を提供する。

【解決手段】 探針と試料間の距離を距離制御手段によって変位させる距離調節手段と、距離調節手段の変位量を検出する変位量検出手段と、弾性体のたわみ量を検出するたわみ量検出手段と、たわみ量の変化に基づいて探針と試料との接触を検知する接触検知手段とを備え、変位量検出手段により検出された距離調節手段の変位量とたわみ量検出手段により検出されたたわみ量と接触検知手段からの出力信号に基づき探針と試料表面との距離を算出する距離算出手段によって、導電性探針と試料表面との非接触な状態におけるこれらの間の距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行う表面観察装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】弾性体に支持された導電性探針を試料表面に向して配置し、該探針と試料間に電圧を印加し、これらの間に流れる電流を検出して試料表面を観察する表面観察装置であって、前記探針と前記試料間の距離を距離制御手段によって変位させる距離調節手段と、該距離調節手段の変位量を検出する変位量検出手段と、前記弾性体のたわみ量を検出するたわみ量検出手段と、該たわみ量の変化に基づいて前記探針と前記試料との接触を検知する接触検知手段とを備えると共に、前記変位量検出手段により検出された前記距離調節手段の変位量と前記たわみ量検出手段により検出されたたわみ量と前記接触検知手段からの出力信号に基づき前記探針と前記試料表面との距離を算出する距離算出手段によって、前記導電性探針と前記試料表面との非接触な状態におけるこれらの間の距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行うことを特徴とする表面観察装置。

【請求項2】前記変位量検出手段は、距離調節手段に設けられたセンサーからの出力または距離調節手段の制御信号により距離調節手段の変位量を検出することを特徴とする請求項1に記載の表面観察装置。

【請求項3】前記表面観察装置は、前記距離算出手段の出力に基づき前記距離制御手段の制御信号補正する補正手段を具備することを特徴とする請求項1～請求項2のいずれか1項に記載の表面観察装置。

【請求項4】前記表面観察装置は、前記探針と試料の試料表面に平行な方向の位置を変化させる探針位置移動手段を具備することを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の表面観察装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は走査型探針顕微鏡を応用した表面観察装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、物質の表面を原子オーダーの分解能で観察できる走査型トンネル顕微鏡（以下STMという）[G. Binnig et al., Physical Review Letters 第49巻57頁（1982）]が開発され、原子、分子レベルの実空間観察が可能になってきた。走査型トンネル顕微鏡は、トンネル電流を一定に保つように探針電極、導電性試料の距離を制御しながら走査し、その時の制御信号から試料表面の電子雲の情報、試料の形状をサブナノメートルのオーダーで観測することができる。また、物質の表面をやはり高分解能で観察できる手段として原子間力顕微鏡（以下AFMという）が開発されている。この方法によれば試料に流れる電流によらず、試料表面の形状を観察することができる。AFMによる通常の観察方法は、探針と試料表面を原子間力が働く程度に接近させて、この原子間力が一定になるように探針と試料表面の

距離を制御しながら走査し、その制御信号から試料表面の形状を求めるものである。さらに、AFMにおいて導電性の探針を用い通常のAFM動作を行うとともに、試料と探針の間に電圧を印加し、流れる電流を同時に測定する技術（以下AFM/STMという）も開発されており、かかる技術によれば試料を表面形状と電気的性質を同時に測定することが可能である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】このようにAFM/STMを用いることにより試料表面の電気的性質を測定することが可能になったが、この動作は通常、導電性探針を試料表面に接触した状態で観察を行うものである。一方、このような観察を導電性探針が試料表面に接触した状態ではなく、探針を試料表面から離した状態で電気的特性を評価すれば、例えば試料表面の仕事関数等、有益な情報を得ることが可能となるが、この場合、導電性探針先端と試料表面との距離が正確にもとまらず、所望の測定を行うことが難しいという問題が生じる。

【0004】そこで、本発明は、探針を試料表面から離した状態で電気的特性を評価するに際しての上記課題を解決し、導電性探針と試料表面とが非接触な状態において、探針と試料表面との距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行うことのできる表面観察装置を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を解決するため、表面観察装置をつぎのように構成したことを特徴としている。本発明の表面観察装置は、弾性体に支持された導電性探針を試料表面に向して配置し、該探針と試料間に電圧を印加し、これらの間に流れる電流を検出して試料表面を観察する表面観察装置であって、前記探針と前記試料間の距離を距離制御手段によって変位させる距離調節手段と、該距離調節手段の変位量を検出する変位量検出手段と、前記弾性体のたわみ量を検出するたわみ量検出手段と、該たわみ量の変化に基づいて前記探針と前記試料との接触を検知する接触検知手段とを備えると共に、前記変位量検出手段により検出された前記距離調節手段の変位量と前記たわみ量検出手段により検出されたたわみ量と前記接触検知手段からの出力信号に基づき前記探針と前記試料表面との距離を算出する距離算出手段によって、前記導電性探針と前記試料表面との非接触な状態におけるこれらの間の距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行うことを特徴としている。また、本発明における変位量検出手段は、距離調節手段に設けられたセンサーからの出力または距離調節手段の制御信号により距離調節手段の変位量を検出することを特徴としている。また、本発明における表面観察装置は、前記距離算出手段の出力に基づき前記距離制御手段の制御信号補正する補正手段を具備することを特徴としている。また、本発明における表面観察装置は、前

記探針と試料の試料表面に平行な方向の位置を変化させる探針位置移動手段を具備することを特徴としている。

【0006】

【発明の実施の形態】本発明は上記構成により、導電性探針と試料表面とが非接触な状態において、探針と試料表面との距離を正しく算出して試料表面の電気的測定を行うことが可能となる。本発明の導電性探針は、試料表面と接触して、または試料表面に接近して試料との間に力を発生するように構成されている。この探針は少なくともその先端は導電性の材料で構成されており、試料との間に電圧を印加することができ、また電流が流れることが可能である。また、この導電性探針は弾性体により支持されているが、この弾性体はAFMにおいてカンチレバーと呼ばれている板バネ状のものが一般的であり、バネ定数としては0.01N/mから100N/m程度のものが一般的である。

【0007】また、本発明の距離調節手段は、導電性探針と試料表面の距離を調節するように構成されている。本発明においては導電性探針は弾性体により支持されていることから距離調節手段は弾性体を取り付ける部分と試料との相対的位置を変化させる。この場合、弾性体の取り付け部を動かすのでもよく、また試料を動かすのでもよく、また両者を動かすようなものでもよい。具体的な機構としてはステッピングモータを利用した粗動機構とピエゾ素子を用いた微動機構の組み合わせが実用性が高い。また、本発明の距離制御手段は、前記距離調節手段を制御する制御装置を構成するものであり、例えば前記距離調節手段がピエゾ素子であれば、所望の位置になるように高圧を発生するものである。また、前記距離調節手段ステッピングモータの場合は所望の位置になるように制御パルスを発生する。また、本発明の変位量検出手段は、前記距離調節手段がどれだけ変位したかを検出するように構成されている。この検出手段により検出される変位量は前記弾性体の取り付け位置と試料表面の相対的位置の変位量である。検出手法としては、前記距離調節手段にセンサをつけ、そのセンサ出力から変位量を検出する方法がある。また、前記距離制御手段に与えられる制御信号からその変位量を求める方法でもよい。本発明における電圧印加手段は、前記導電性探針と前記試料との間に電圧を印加するもので直流のみならず、必要に応じて交流や、直流向交流等を重畠させたものでもよい。また、その電流検出手段は、前記導電性探針と試料との間に流れる電流を検出手段で、前記電圧印加手段により印加された電圧により流れる電流を検出手する。本発明の接触検知手段は、前記たわみ量の変化に基づいて前記試料と前記導電性探針との接触を検知するように構成されている。前記導電性探針を試料表面から十分離した状態から前記距離制御手段が制御信号を発生し前記距離調節手段により前記導電性探針と試料表面を接近させる方向に移動させる。このとき、前記導電性

探針と試料表面が接触すると導電性探針は試料表面から急激に大きな力を受ける。この力により導電性探針を支持している弾性体が急にたわみ、前記たわみ量検出手段がそのたわみを検出する。接触検知手段は、この急激なたわみの変化を検出することにより前記導電性探針と試料表面との接触を検出する。

【0008】本発明の距離算出手段は、前記変位量検出手段により検出された距離調節手段の変位量と前記たわみ量検出手段により検出されたたわみ量と前記接触検知手段からの出力信号に基づき、前記探針と前記試料表面との距離を正確に算出するように構成されている。その算出方法を図1を用いて説明する。図1は距離調節手段が試料側を移動させる場合について解説した図である。導電性探針102が弾性体103により支持されている。この図では弾性体として通常のAFMで用いるカンチレバーを用いている。このカンチレバーのたわみは、カンチレバーの試料と反対側にレーザを照射しその反射信号を2分割センサで位置のずれを検出するいわゆる光干渉式等により検出することが可能である。この図において試料101を上下させることにより探針102と試料表面の距離を調節する。このとき弾性体103の取り付け部は固定されている。

【0009】図1に示した縦軸は距離調節手段の位置を示している。図1(a)は、探針102と試料101が十分離れた状態を示しており、このとき試料表面の位置はZ<sub>0</sub>で示されている。また、探針102先端と試料表面の距離はd<sub>0</sub>である。この状態から試料を探針側に接近させてゆく。図1(b)には(a)から試料表面を少し接近させた状態を示す。このとき試料表面の位置はZ<sub>1</sub>からZ<sub>0</sub>へ

$$Z_1 - Z_0 = (1)$$

だけ移動したことになる。この移動量はセンサによって検出するか、またはこの移動を制御する制御信号から求めることができる。すなはち、この式(1)は既知の量である。このとき、例えば探針102と試料101の間には静電力等が働いていると探針102がたわみ、探針102先端と試料101表面との距離は(a)の場合に比べて式(1)で与えられている量より多く接近することになる。(a)に比べて探針がたわんだ量をし、探針102先端と試料101表面との距離をd<sub>1</sub>とすると

$$d_1 = d_0 - (Z_1 - Z_0) - L_1 \quad (2)$$

で与えられる。L<sub>1</sub>は前述のようにたわみ量の検出手段で検出できる。

【0010】さらに探針102と試料表面を接近させると探針102と試料101が接触し図1(c)の状態になる。図1(c)は探針102と試料101がちょうど接触した状態を示す。このとき、試料表面の位置はZ<sub>2</sub>で示されており、この量は既知量である。また、探針102のたわみ量はL<sub>2</sub>で表わされこの量も既知量である。探針先端と試料表面はちょうど接触した状態である

から、

$$\text{探針先端と試料表面との距離} = d_0 - (Z_2 - Z_1) - L_2 = 0 \quad (3)$$

の関係式が成立する。すなわち一度探針102と試料101が接触すると式(3)から

$$d_0 = (Z_2 - Z_1) + L_2 \quad (4)$$

によって $d_0$ を求めることができる。この $d_0$ を用いれば、式(2)により、試料表面と探針先端との距離 $d_0$ を求めることができる。図1(b)で測定のデータを取得したいときは、 $Z_0$ 、 $Z_1$ 、たわみ量 $l_1$ のデータを記録しておき、試料と探針を接触させた後に式(2)に従って探針102と試料表面の距離を求めればよい。

【0011】以上の場合では探針102と試料101を十分離した状態から両者を接近させ、接触させるという手順をとったが、逆に最初に探針102と試料101を接触させた状態にして、次第に試料101と探針102を離して行く手順でもよい。この場合、図1(c)の状態にあたる試料101と探針102がちょうど接触する状態とは、試料101と探針102がちょうど離れる位置とすればよい。上記の手順により、探針と試料表面との距離を正確に算出することが可能となる。

【0012】本表面観察装置による表面の電気的測定は次の手順で行われる。まず、探針と試料を十分に離しておく。この状態で電圧印加手段により探針と試料との間に電圧を印加する。なお、このとき流れれる電流は電流アンプ等の電流検出手段によりその値が求められている。次に探針のたわみ量、距離調節手段の位置、電流値を観測しかつその値を保存しながら、距離調節手段により探針と試料表面とを接近させ、最終的には接触させる。次に、前述の方法に従って、測定を行った各点における探針先端と試料表面との距離を求める。この求めた距離と電流値から、試料表面からの距離と電流値の正確な関係を求めることができる。また、逆に始めに試料表面と探針を接触させた状態から開始して、試料を離しながら測定してもよい。このときの試料表面と探針先端との距離の求めかたは前述のとおりであるが、まず、探針と試料表面を接触させた状態から、探針を試料表面から離す向きに移動し、探針先端が試料表面から離れたときのたわみ量、距離調節手段の位置を基準にして、各距離調節手段の位置での探針と試料表面の真の距離を求める。

【0013】また本発明に、前記距離算出手段の出力に基づき前記距離調節手段の制御信号補正する補正手段を具備することにより、所望の位置で電気的特性をとることができる。これは特に試料と探針先端との距離を一定に保ちながら電圧を変化させて測定を行う場合に有効である。この補正手段の動作を図2を用いて説明する。図2の説明で用いる構成は図1のものと同じである。図2(a)は図1(b)と同じ状態を示し、距離調節手段の位置が $Z_1$ 、探針101のたわみ量が $l_1$ となっている。このとき探針先端と試料表面との距離 $d_1$ は探針先端と試料表面が既に接触したことがあり前述の方法によりわ\*50

\*かかっていても、あるいはまだ接触せずに未知の値でもよい。この状態で探針102と試料101の間に電圧を印加したり、あるいは電圧を変化させる。すると、探針と102と試料101との間、あるいはカンチレバー103に含まれる配線と試料との間に静電力が働き、カンチレバー103がたわみ、探針102先端が試料101に近づく方向に動く。

【0014】このような状態のままであると探針102と試料101表面との距離が印加する電圧によって変化してしまう。そこで図2(b)に示したような方法により試料表面を移動する距離調節手段を調節する。実際に距離調節手段を制御する距離制御手段の信号を補正する。その補正方法は図2(b)において

$$Z_1' - Z_1 = Z_1' - Z_1 \quad (5)$$

となるように調節する。ここで $Z_1'$ は新たな距離調節手段の位置、 $Z_1$ は新たなたわみ量である。すなわち、電圧の変化あるいは印加により発生した探針102のたわみ量に相当する分を試料の移動により補正することになる。この補正により、試料表面と探針先端との距離を一定に保ったまま電圧を変化させることができ、より正確な電気的特性を測定することが可能となる。

【0015】さらに、本発明に、前記探針と試料の試料表面に平行な方向の位置を変化させる探針位置移動手段を付加することにより、電気的特性を試料表面2次元方向の分布をとることが可能となる。この移動手段としては例えばピエゾ素子等が挙げられる。試料表面での分布を測定する場合、まず試料表面の一点で探針と試料の接近、接触動作を行い、次の測定点に移動して新たな測定を行っていくことを次々繰り返してもよいし、一定の距離を保ったまま試料表面方向に移動しながら測定を行って行く方法でもよい。

【0016】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。【実施例1】本発明における実施例1を、図3に示す構成図を用いて説明する。本実施例は通常のAFMを基本にした表面観察装置である。観察試料102は本実施例に示す表面観察装置により観察する試料である。本実施例においてカンチレバー103は通常のAFMで用いるカンチレバーであり本実施例ではバネ定数0.1N/mのものを使用している。その先端には探針104が固定されている。探針104は塗装シリコン製で表面にPt薄膜114が形成されており、このPt薄膜114からはカンチレバー103の内部に配したA1の配線により電流アンプ106に接続され、探針104を通して観察試料102に流れ電流を検出し、その値をマイクロコンピュータ113に送る。また、この先端は観察試料102に接触する。試料ホールダ101は観察試料102を保持する機構である。電源105は電気的に観察試料に

接続されており、マイクロコンピュータ113の指令により、探針104と観察試料102に電圧を印加する。レーザ107はレーザ光をカンチレバー103の観察試料102と反対側の面を照射しており、ここで反射された光は2分割センサ108に入射し、この2分割センサ108の出力によりたわみ量検出装置109がカンチレバー103のたわみを検出する。この検出方法は通常光でこの式と呼ばれている方法である。このたわみ量は探針104の先端に付いているP<sub>t</sub>薄膜114が観察試料102から受ける力をあらわしている。たわみ量検出装置109は検出されたたわみ量をマイクロコンピュータ113に送る。

【0017】試料駆動機構112は、試料ホルダ101を図示X-Y及びZ方向に移動することにより、探針104と観察試料102の位置を移動するもので円筒ピエゾを用いている。Z方向には2.0nm/Vで変位する。Z方向位置制御回路110は試料駆動機構112のZ方向の動きを制御し、X-Y方向位置制御回路111は試料駆動機構112のX-Y方向の動きを制御する。Z方向位置制御回路110からの出力が0.5V変化したとき試料駆動機構112は1nmだけZ方向に移動する。マイクロコンピュータ113はZ方向位置制御回路110に探針104のZ方向の位置に関する制御信号を、またX-Y方向位置制御回路111にX-Y方向の位置の制御信号を送る。

【0018】本実施例に示す観察装置を用いて一定電圧のものとの試料表面からの距離と電流との関係を測定する方法を示す。まず、マイクロコンピュータ113の指示によりX-Y方向位置制御回路111が信号を出し、探針104の先端が観察試料102の観察したい位置に来るよう試料駆動機構112をX-Y方向に移動させる。次に電源105が動作して探針104と観察試料102の間に電圧を印加する。この状態でマイクロコンピュータ113の指令によりZ方向位置制御回路110が働き、試料駆動機構112が動作し、試料ホルダ101を移動することにより観察試料102と探針104を接近させる。この動作の間、Z方向位置制御回路111の出力電圧の接近動作開始前の電圧とのずれV(V)とカンチレバーのたわみ量L(nm)と観測電流I(pA)は常に、あるいは必要に応じて断続的に記録される。この3つの測定値は常に同時に取得される。また、たわみ量は動作開始前の初期の状態を0(nm)とし、図示下向き(-Z向き)にたわんでいる場合を正とした。

【0019】本実施例の一つの試行での結果を図4に示す。横軸はいずれも時間を示し、縦軸は図4(a)は上記されV、図4(b)は上記たわみ量L、図4(c)は図4(a)、図4(b)から求めた探針104先端と観察試料102表面との距離dを示す。図4(d)は測定された電流Iである。図4(b)においてたわみ量Lは探針が観察試料側に近づく方向を正(上)方向としてい

る。まず、時刻t<sub>0</sub>から接近動作を開始した。Z方向位置制御回路110の出力電圧を上昇させ、探針104と観察試料102を接近させたところ図4(b)に示すとおり時刻t<sub>1</sub>においてたわみ量が図示のとおり変化し、探針104先端が観察試料102に接触したことが示された。このときZ方向位置制御回路110の出力は初期状態に比べ12V上昇していた。すなわち、試料が初期状態と比較して6nm接近したところで探針104と観察試料が接触した。従って、記録された測定値においてZ方向位置制御回路110がV(V)、たわみ量検出装置109の出力がL(nm)のとき、探針104先端と試料表面102の距離d(nm)は

$$d = 12 - V / 0.5 - L \quad (6)$$

で与えられる。この変換式に従って、各測定点でのVとからdを求めることができ、このdに対して測定された電流Iをプロットすることにより、試料表面からの距離と電流値の関係を求めることができる。本実施例においては測定試料102表面上の一点において上記測定を行った後、図示Z-Y方向に移動し測定場所を変更して、新たに同じ動作を行うことにより試料表面2次元方向の分布をとることが可能となる。

【0020】【実施例2】つぎに、図5を用いて実施例2を示す。本実施例は試料表面からの距離を正確に測定し、かつこの距離を一定に保ちながら電圧を変化させられる電流を測定する表面観察装置である。実施例2は実施例1のものにサーボ回路201が付加されている。サーボ回路201は、たわみ量検出装置109からの信号とマイクロコンピュータ113からの設定信号とが同じになるようにZ方向位置制御回路110に制御信号を送る。本実施例における他の構成は実施例1と同じである。また、本実施例では試料表面を清浄に保つために、

- 101 試料ホルダ
- 102 観察試料
- 103 カンチレバー
- 104 探針
- 112 試料駆動機構
- 114 P<sub>t</sub>薄膜

を高真空中に保ってある。

【0021】次に本実施例に示す観察装置を用いて試料表面からの距離を一定に保った状態で電圧と電流との関係を測定する方法を示す。本実施例では最初に探針104を観察試料102に接触させた状態から、探針が離れる瞬間を距離の基準とする方法を用いる。まず、観察試料102と探針104を接触させた状態とする。この状態からマイクロコンピュータ113の指令によりZ方向位置制御回路が働き、試料駆動機構112が動作し、試料ホルダ101を探針104と試料102が離れる方向に移動させる。この動作の間、Z方向位置制御回路110の出力電圧の動作開始前の電圧とのずれV(V)とカンチレバーのたわみ量L(nm)をモニタする。

【0022】図6に各値の変化を示す。図6(a)～図6(c)の縦軸のV、L、d、は実施例1と同じである。時刻t<sub>0</sub>から動作を開始し、時刻t<sub>1</sub>まで試料駆動機構112を動作させた。時刻の経過とともにVが負の方向に増加しているが、これは探針102は試料表面から離れていく向きなので、実施例1と逆の極性になるためである。たわみ量は、最初は接触しているので探針104が下に曲がる方向に変化する。次に時刻t<sub>1</sub>に探針104が観察試料102表面から離脱した。t<sub>1</sub>を境に探針104の動きはほとんど無くなつた。これは本実施例ではこの段階では探針104と試料との間に電圧が印加されておらず、静電力が働かないためである。なお、本実施例では試料表面が清浄な状態で実験を行つたので吸着力の影響はほとんど観測されなかつた。

【0023】ここで、t<sub>1</sub>におけるZ方向位置制御回路110の出力信号をV<sub>1</sub>とする。本実施例では、試料表面が清浄なために吸着力はほとんど無く、t<sub>1</sub>における\*

$$L = (V_1 - V) / 0.5 - d \quad (9)$$

となるよう指令する。この指令に基づきサーボ回路201は式(9)が成立するように制御信号を発し、Z方向位置制御回路に送る。この制御を保ったまま電源105が動作して探針104と観察試料102の間に電圧を印加し、所望の電流電圧特性を取得する。前記制御の効果により、探針104と観察試料102表面の距離は電圧が印加されて静電力が発生しても等しく保たれる。これら一連の動作により探針104と観察試料102表面との距離が正しい状態で、電流電圧特性を測定することができた。本実施例においても実施例1と同様に測定試料102表面上の一点において上記測定を行つた後、図示XY方向に移動し測定場所を変更して、新たに同じ動作を行うことにより試料表面2次元方向の分布をとることが可能である。

#### 【0025】

【発明の効果】以上のように、本発明は、変位量検出手段により検出された距離調節手段の変位量とたわみ量検出手段により検出されたたわみ量と接触検知手段からの出力信号とに基づき、探針と試料表面との距離を正確に算出する距離算出手段を構成することによって、導電性探針と試料表面とが非接触な状態において、導電性探針と観察試料表面との距離が正確に求められた状態で試料表面の電気的測定を行うことができる。また、本発明は、距離算出手段の出力に基づき前記距離制御手段の制御信号補正する補正手段を具備するように構成することにより、所望の位置で電気的特性をとることが可能となる。また、本発明は、探針と試料の試料表面に平行な方向の位置を変化させる探針位置移動手段を付加するよう※

\*たわみ量検出装置の出力は0であった。Z方向位置制御回路110の出力をV、たわみ量検出装置109の出力をd<sub>1</sub>とすると、t<sub>1</sub>以後、すなわち探針104と観察試料102表面が離れた後は、観察試料102表面と、探針104先端と距離dは

$$d = (V_1 - V) / 0.5 - L \quad (7)$$

で表わされ、この値を用いることにより距離を正確に求めることができる。なお、この時点ではまだ電圧印加を行っていないので、

$$L = 0 \quad (8)$$

であった。

【0024】マイクロコンピュータ113はこのようにして求められるdが測定を行おうとする値となるまでZ方向位置制御回路110に指令して観察試料102の位置を移動させる。次にマイクロコンピュータがサーボ回路201に対してたわみ量しが

※に構成することにより、電気的特性につき試料表面の2次元方向の分布をとることが可能となる。

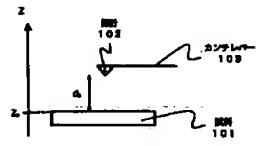
#### 【図面の簡単な説明】

【図1】距離調節手段によって試料側を移動させる場合の、探針と試料表面の距離の関係を示す図である。  
 【図2】距離調節手段によって試料側を移動させる場合の、探針と試料表面の距離の関係を示す図である。  
 【図3】実施例1による表面観察装置を示す図である。  
 【図4】実施例1の動作時の各値を示す図である。  
 【図5】実施例2による表面観察装置を示す図である。  
 【図6】実施例2の動作時の各値を示す図である。

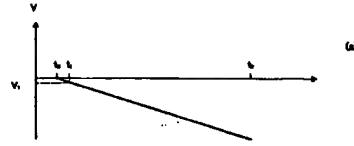
#### 【符号の説明】

- 101：試料ホルダ
- 102：観察試料
- 103：カンチレバー
- 104：探針
- 105：電源
- 106：電流アンプ
- 107：レーザ
- 108：2分割センサ
- 109：たわみ量検出装置
- 110：Z方向位置制御回路
- 111：X-Y方向位置制御回路
- 112：試料駆動機構
- 113：マイクロコンピュータ
- 114：P<sub>t</sub>薄膜
- 201：サーボ回路

【图1】

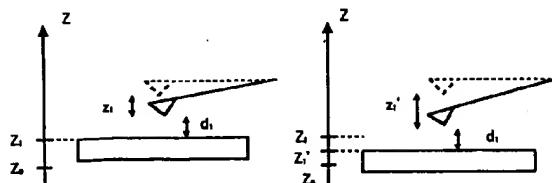


【図6】



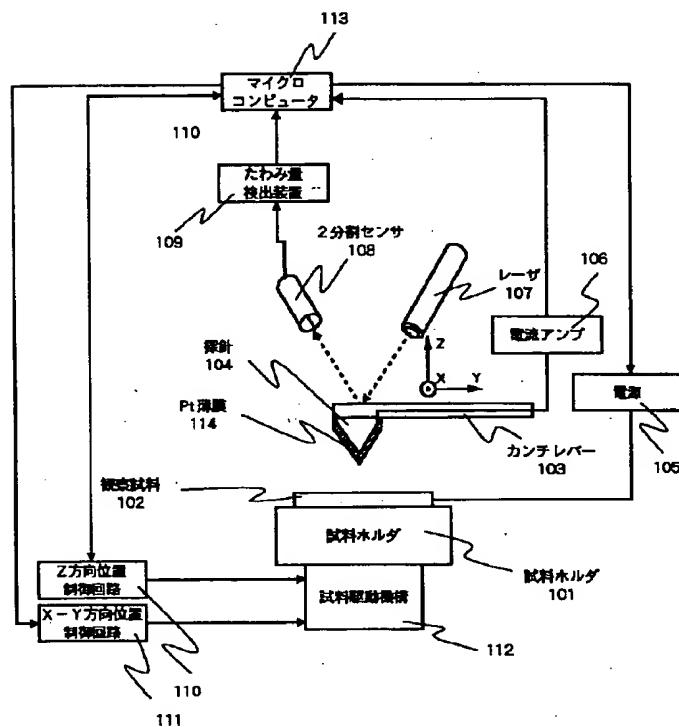
6

【图2】

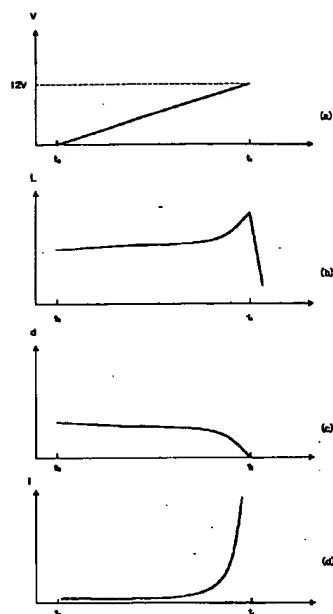


(a)

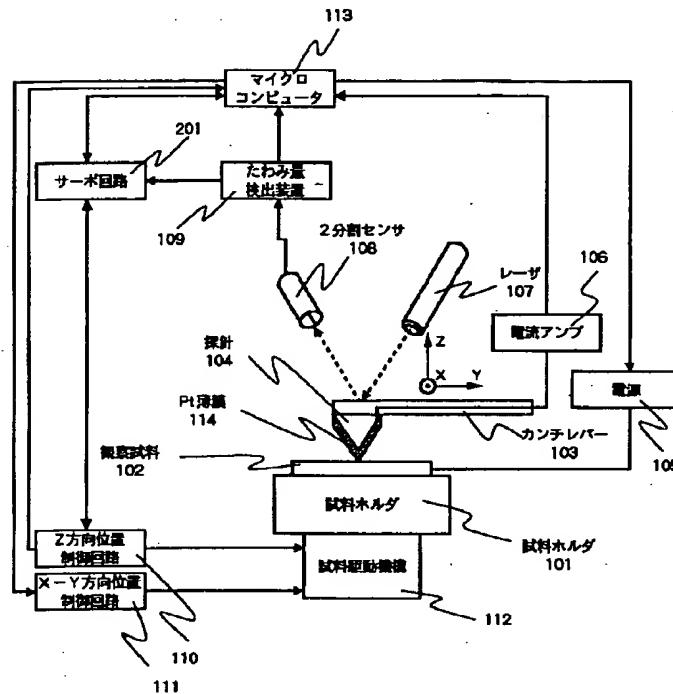
【図3】



【図4】



【図5】



EPM TC 2800

FINAL SEARCH DATE \_\_\_\_\_

DELIVER TO GOVT DATE \_\_\_\_\_